动 物 学 研 究 2013，Jun. 34(3): 145−151 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research DOI:10.11813/j.issn.0254-5853.2013.3.0145

利用红外线相机监测地表水对广西弄岗国家级自然保护区兽类分布的影响

陈天波[1]，宋亦希[2]，陈辈乐[2]，蒙渊君[1]，温柏豪[2,*]

1. 广西弄岗国家级自然保护区 管理局，广西 龙州 532400;
2. 嘉道理农场暨植物园 嘉道理中国保育，香港特别行政区 新界大埔

摘要：广西弄岗国家级自然保护区属岩溶地貌，表土层薄，储水度低，地表水奇缺，动物可能因水源而改变其活动范围和规律。2006 年 3 月—2007 年 6 月和 2010 年 10 月—2011 年 5 月，该实验利用红外线相机在兽类通往水源地之间，即兽径上 (如足迹和粪便) 进行兽类调查。共拍摄到兽类 5 目 12 科 17 属 19 种，包括国家一级保护动物黑叶猴 (*Trachypithecus francoisi*) 和熊猴 (*Macaca assamensis*)。物种累积曲线 95%置信区间重迭，相似性分析和非度量多维标度显示两种微生境出没物种的差异较小，然而，差异物种占整体记录的 42%，可见岩溶地区水资源极其珍贵。中、短期保护建议包括加强水源点的巡护、防止偷猎、限制滥抽地下水，以及考虑整合呈岛屿状的陇呼、弄岗及陇山地区, 以加强保护大面积生境的连贯性，并加速恢复山峰间已遭破坏的圆洼谷地的原生树林。

关键词：红外线相机；哺乳类；喀斯特地貌；非损伤性取样法；出现指数
中图分类号：Q143; Q959.8 **文献标志码**：A **文章编号**：0254-5853-(2013)03-0145-07

Influence of surface water availability on mammal distributions in Nonggang National Nature Reserve, Guangxi, China

Tian-Bo CHEN [1], Yik-Hei SUNG [2], Pui-Lok Bosco CHAN [2], Yuan-Jun MENG [1], Pak-Ho WAN [2,*]

1. *Nonggang National Nature Reserve*, *Chongzuo*, *Guangxi* 532400, *China*;
2. *Kadoorie Conservation China*, *Kadoorie Farm and Botanic Garden*, *Lam Kam Road*, *Tai Po*, *New Territories*, *Hong Kong*, *China*

Abstract: Surface water is a major limiting factor affecting animal activities in karst ecosystems. From March, 2006 to June, 2007 and from October, 2010 to May, 2011, infra-red camera traps were installed along animal trails and temporary rain pools in Nonggang National Nature Reserve, Guangxi, China, to monitor mammal diversity and relative abundance. In total, 19 species from 17 genera, 12 families, and 5 orders were recorded, including two State Key Protection Class I species, the François' langur (*Trachypithecus francoisi*) and Assam macaque (*Macaca assamensis*). Although 42% of species only occurred in one of the microhabitats, differences in species assemblages between trails and pools were not significant. The results of our observation indicated that camera trapping was effective in monitoring medium to large sized mammals, and for recording illegal hunting. In addition, our results suggest that authorities should reinforce patrolling, especially at water pools during the dry season, and eradicate unsustainable extraction of underground water. Moreover, based on the advantages of large inhibited environments to animal species, especially to large predators, we also recommend connecting the three isolated sections of the reserve to promote species recovery and dispersal.

Keywords: Infra-red camera trap; Mammals; Karst; Non-invasive sampling; Occurrence index

红外线感应相机的优点是可以 24 h 运作并收集物种的分布、数量和行为等信息，以及监测珍稀、行踪隐秘或密度低的物种 (Jenks et al, 2010; Pei et al, 2010)，甚至可以通过所拍摄照片中个体皮毛的花纹图案或疤痕来辨认独立个体，以重捕法(capture-recapture)来估计该物种的密度和数量(Karanth & Nichols, 1998)等。此技术通过动物的体温和动作来引发相机自动拍摄，这种非损伤性取样

收稿日期：2012-11-02；接受日期：2013-01-22
*通信作者(Corresponding author)，E-mail: jaywan@kfbg.org
第一作者简介：陈天波, 男, 工程師, 从事野生动物保护工作。E-mail: chentb1971@163.com

法 (non-invasive sampling)现已得到广泛应用 (Kays & Slauson, 2008)。Long (1988)的《广西弄岗自然保护区综合考察报告》及 Kadoorie Farm & Botanic Garden (2004)的《快速生物多样性评估报告——广西西南部弄岗国家级自然保护区》分别利用直接采集标本和访问调查了解区内的哺乳类多样性。此类常规方法可有效掌握基本物种信息, 但需要猎杀动物并受限于被访者的偏差。现今除用于食虫类、啮齿类及翼手类等需要通过头骨及牙齿特征才能准确鉴定的小型兽类外, 已不适用于中、大型或濒危物种的监测工作。由于当时的考察时间分别为 1979 及 1998 年，而且工作时间较短，不能全面反映区内哺乳动物的多样性及习性，因此，有必要利用红外线拍摄技术收集信息并更新物种名录及分布, 以便为今后的管理和监测提供依据 (Ma & Harris, 1996; Wang et al, 2006)。

喀斯特地貌 (Karst), 又名岩溶地貌, 是指碳酸盐岩石分布地区特有的地貌现象(Yuan, 1994)。此复杂地貌提供的独特生境与屏障效应, 无疑增加了印缅生物多样性热点地区的物种丰富度，在记录到的 433 种哺乳类中，有>70 个(16.9%)特有种 (Mittermeier et al, 2005)。桂西南是我国岩溶地貌的核心地区, 石灰岩占广西省面积的 40%, 具有生物多样性保护和科研监测的重大意义 (Zhu, 2007)。近年来，在此地区已发现的脊椎动物新物种包括凭祥睑虎 (*Goniurosaurus luii*; Grismer et al, 1999)及弄岗穗鹛 (*Stachyris nonggangensis*; Zhou & Jiang, 2008) 等。随着保护意识的加强，由于遭受盗猎和栖息地破坏等人为干扰而面临灭绝威胁的兽类物种虽得以逐渐恢复 (Lau et al, 2010) , 然而，相关监测研究主要集中在灵长类或国际关注的旗舰种，例如，东部黑冠长臂猿 (*Nomascus nasutus*; Chan et al, 2008) 和白头叶猴 (*Trachypithecus leucocephalus*; Wang et al, 2005) 等，其他兽类的生存状况和生态资料均相当缺乏。

弄岗国家级自然保护区于 1979 年建立，动、植物种类丰富, 计有维管植物 1431 种 (Liang et al, 1988)、鸟类 124 种 (Jiang, 2007；Zhou and Jiang, 2008); 采集和访问调查到哺乳类 20 和 38 种 (Long, 1988; Kadoorie Farm & Botanic Garden, 2004)。虽然弄岗的保育重要性已经得到广泛认同，但对区内哺乳类的关注仍比较滞后，且主要集中于国家 I 级重点保护野生动物黑叶猴 (*Trachypithecus francoisi*; Huang et al, 2011; Zhou et al, 2009) 、熊猴 (*Macaca assamensis*; Zhou et al, 2007) 和白头叶猴 (Hu et al, 1998)等珍稀灵长类, 甚至仅限于数量的调查。

保护区为典型北热带石灰岩山地常绿季雨林，发育完整的岩溶系统导致全年性溪流贫乏。水资源分布季节性变化大，雨季才出现谷地、洼地等暂时性水潭和蓄水池等地表水，旱季则主要是地下水。动物赖以生存的地表水奇缺，限制了其活动分布。本调查旨在应用红外线相机技术对保护区内的兽类进行调查，并初步了解地表水对其活动分布的影响, 从而提升保护区的科研监测能力和管理水平。

1 材料和方法

1.1 研究地点

保护区 (N22°13′～22°33′, E106°42′～107°04′)处中越边境，跨广西崇左市龙州和宁明两县，呈西北—东南向长条状地形，由陇呼、弄岗及陇山组成, 总面积 101 km^2。石峰 10～80 个/km^2，海拔 300～600 m，森林覆盖率 90%。年均气温 22 ℃，年降雨量 1 150～1 550 mm (890～2 043 mm)，且 76%的降雨量集中在 5—9 月的雨季 (Liang et al, 1988; Su et al, 1988)。石达地下河长 6 km，旱季水位为地下 18～20 m, 雨季水位为地上 2～3 m，并由天窗溢出 (Hu, 1988)。本调查在面积最大的弄岗 (54 km^2)进行 (图 1)。

1.2 调查方法

2006 年 3 月—2007 年 6 月, 调查人员按照兽类的活动规律共放置 15 台胶卷红外线感应相机 (Wildlife II, China)，并依据每月的照片效果确认是否转移放置点。放置点共 29 个，其中 25 个点为兽径，即频繁发现兽类活动痕迹 (如足迹和粪便)的地点，每个点平均相距 1 km, 并避免处于同一条兽径，且其方圆 500 m 范围内没有地表水源。其余 4 个点位于水源地旁，水源积水量为 0.1 m^3；旱季积水量不足时，由护林员挑水补充。每月或拍照>30 张后 (卷满 36 张)更换胶卷和电池。由于胶卷红外线感应相机的陆续损耗，2010 年 10 月—2011 年 5 月，在兽径上更新安装 5 台数码红外线感应相机 (Little Acorn 5210, US)，并每两个月检查一次。文中哺乳类的拉丁学名及中文名根据 Smith & Xie (2008)的命名法。

1.3 数据处理

每种哺乳类的相对数量以出现指数(occurrence

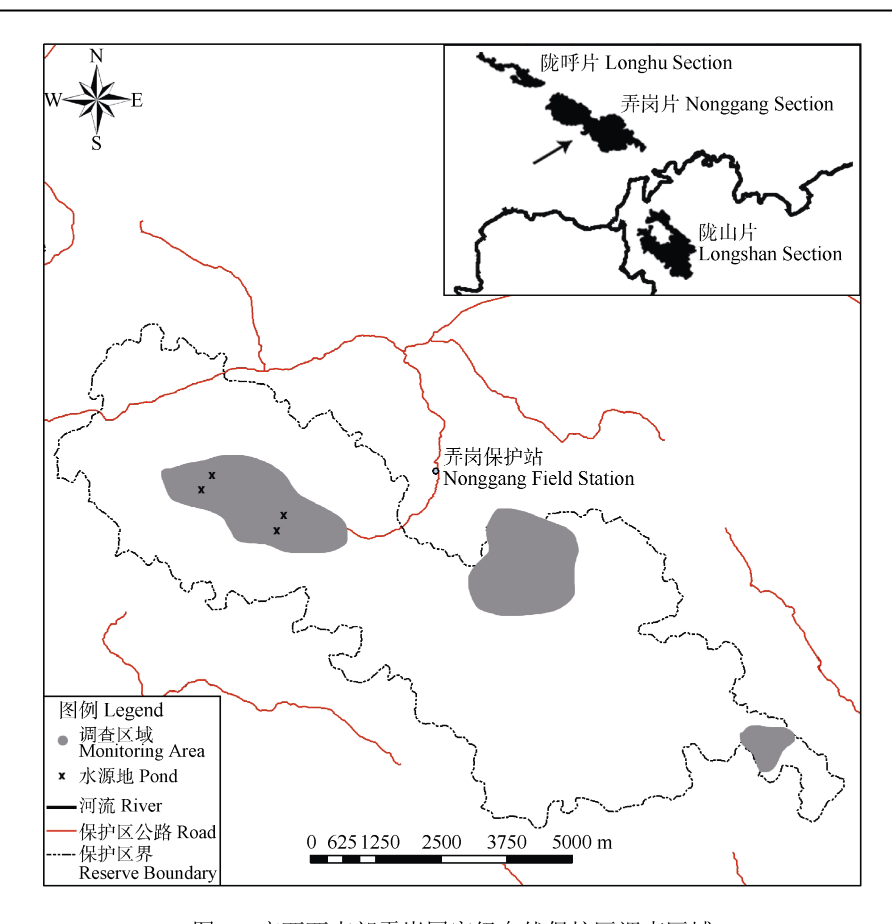


图 1　广西西南部弄岗国家级自然保护区调查区域

Figure 1　Survey area in Nonggang National Nature Reserve, Guangxi, China

index, OI)表示，即相机在每 100 d 所拍摄的个体数 (O’Brien et al, 2003)。除能够明显分辨为不同个体的照片外 (不同只数、斑纹及体型等)，相同物种于 0.5 h 内的连拍照片只视为一个有效独立记录 (Pei et al, 2010)。

采用 Estimate S 软件来比较兽径与水源地之间拍摄到的哺乳类多样性差异，利用物种累积曲线 (species accumulative curve)显示随拍摄日数所增加累积的物种数量，置信区间 (confidence intervals, CI) 设置为 95%，如 CI 不重迭，表示在两种微生境拍摄到的累积物种有明显差异。以 PRIMER 6.1.5 软件计算相似性分析(ANOSIM)，差异由非度量多维标度(NMDS)图像显示，形成差异的物种由相似性百分比分析(SIMPER)表示。

2　结　果

2.1　哺乳类多样性

除 8 台胶卷相机因雨季湿度太高而未能正常运作外，总工作日共计 1 594 d，共拍摄到有效兽类照片 635 张，除未能鉴定的鼠类和松鼠外，共准确记录 19 种，隶属 5 目 12 科 17 属 (表 1)，包括国家 I 级重点保护野生动物黑叶猴和熊猴。食肉目中，以鼬獾 (*Melogale moschata*)和食蟹獴 (*Herpestes urva*)的 OI 最高，分别达 2.82 及 2.26；偶蹄目以赤麂 (*Muntiacus muntjak*)为首，OI 达 6.15；啮齿目中，不计从照片中难以明确鉴定的鼠类和松鼠，OI 最高的为帚尾豪猪 (*Atheurus macrourus*)，达 3.45。

2006 年的 10 个月内，共拍摄到兽类 12 种，2007 年的 6 个月和 2010—2011 年的 5 个月内，分别拍摄到兽类 14 和 11 种。其中，甘南鬣羚 (*Capricornis milneedwardsii*)和红白鼯鼠 (*Petaurista alborufus*)仅拍摄于 2006 年；黄腹鼬 (*Mustela kathiah*)、黑叶猴和熊猴等仅拍摄于 2007 年；野猪 (*Sus scrofa*) 仅拍摄于 2010—2011 年。旱季平均拍摄到 9 种兽类。其中 11 月最多，为 11 种。雨季平均只拍到 1 种兽类。5 月最多，为 4 种；而 8—9 月则因大雨引起的相机故障而未能拍摄到任何兽类。

表 1 调查期间每月拍摄到的兽类

Table 1 Mammal species detected by camera trap each month during the study period

			雨季月份 Wet season month					旱季月份 Dry season month						
物种 Species		出现指数 OI	5 月 May	6 月 Jun	7 月 Jul	8 月 Aug	9 月 Sep	10 月 Oct	11 月 Nov	12 月 Dec	1 月 Jan	2 月 Feb	3 月 Mar	4 月 Apr
树鼩目 Scandentia														
树鼩科	**Tupaiidae**													
北树鼩	*Tupaia belangeri*	2.63						Δ	Δ		oΔ			
啮齿目 Rodentia														
鼠科	**Muridae**													
小泡巨鼠	*Leopoldamys edwardsi*	0.69			x				x		o		o	xo
鼠类	Unidentified rats	6.21		o				xΔ	Δ	xΔ	oΔ	oΔ	xo	o
松鼠科	**Sciuridae**													
赤腹松鼠	*Callosciurus erythraeus*	0.38							x	x	o	o		
红腿长吻松鼠	*Dremomys pyrrhomerus*	0.94	x		x			x		x	o		o	
红颊长吻松鼠	*Dremomys rufigenis*	0.25						xΔ	x	x			o	
红白鼯鼠	*Petaurista alborufus*	0.19								x				
松鼠类	Unidentified squirrels	2.57						Δ	Δ	Δ		oΔ		
豪猪科	**Hystricidae**													
帚尾豪猪	*Atherurus macrourus*	3.45						Δ	xΔ	Δ		Δ	x	x
食肉目 Carnivora														
獴科	**Herpestidae**													
食蟹獴	*Herpestes urva*	2.26	x	o				xΔ	xΔ	x			x	x
鼬科	**Mustelidae**													
鼬獾	*Melogale moschata*	2.82		o	x			x	xΔ	xΔ	oΔ	o	xo	o
黄腹鼬	*Mustela kathiah*	0.06										o		
灵猫科	**Viverridae**													
果子狸	*Paguma larvata*	0.75						Δ	Δ					o
斑林狸	*Prionodon pardicolor*	0.69							Δ	x	Δ	oΔ	o	
猫科	**Felidae**													
豹猫	*Prionailurus bengalensis*	0.19									oΔ			
偶蹄目 Artiodactyla														
猪科	**Suidae**													
野猪	*Sus scrofa*	0.12									Δ			
鹿科	**Cervidae**													
赤麂	*Muntiacus muntjak*	6.15	x					xΔ	xΔ	xΔ	Δ	oΔ	o	x
牛科	**Bovidae**													
甘南鬣羚	*Capricornis milneedwardsii*	0.31											x	
灵长目 Primates														
猕猴科	**Cercopithecidae**													
熊猴	*Macaca assamensis*	0.13											o	o
猕猴	*Macaca mulatta*	1.38	x					Δ	x	xΔ	Δ			x
黑叶猴	*Trachypithecus francoisi*	0.44												o

出现指数(OI)：红外线相机在每 100 d 所拍摄的有效照片数(未能鉴定的鼠类和松鼠不计入分析)； x：照片于 2006 年拍摄；o：照片于 2007 年拍摄；Δ：照片于 2010—2011 年拍摄。

Occurrence index (OI): number of independent photos of a species taken per 100 trap nights (unidentified rats and squirrels were excluded from analysis); x: Photos taken in 2006; o: Photos taken in 2007; Δ: Photos taken from 2010 to 2011.

2.2 地表水的影响

甘南鬣羚、野猪、熊猴和果子狸 (*Paguma larvata*) 等仅拍摄于兽径，OI 偏低 (0.12～0.75)；黄腹鼬、豹猫 (*Prionailurus bengalensis*)、黑叶猴和红白鼯鼠等仅拍摄于水源地，OI 更低 (0.06～0.44)；斑林狸 (*Prionodon pardicolor*)、猕猴 (*Macaca mulatta*)、小泡巨鼠 (*Leopoldamys edwardsi*)、红腿长吻松鼠 (*Dremomys pyrrhomerus*)、红颊长吻松鼠(*Dremomys rufigenis*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*)、树鼩 (*Tupaia belangeri*)、鼬獾、食蟹獴、赤麂和帚尾豪猪等则在两种微生境均被拍摄到，OI 范围较宽 (0.25～6.15)。图 2 显示两条累积曲线的 95%CI 重迭,表明水源地和兽径两类拍摄点的物种数量没有明显差异，NMDS 图像亦支持该结果 (ANOSIM, R=0.184, *P*=0.112, 图 3)。其中，超过 30%的差异乃由赤麂、鼬獾和小泡巨鼠等造成，连同猕猴、帚尾豪猪、食蟹獴、红腿长吻松鼠和黑叶猴等共构成～60%的差异(表 2)。

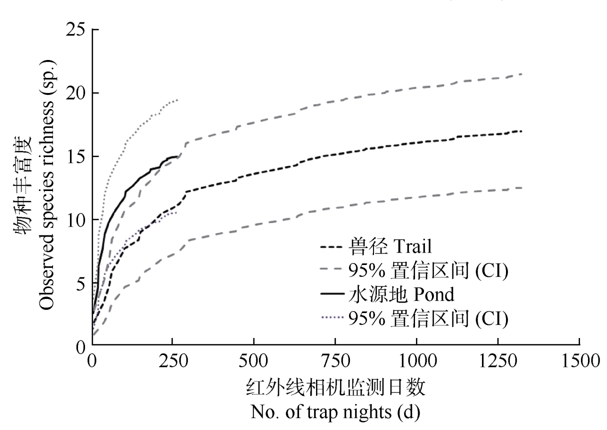


图 2 在通往水源地的兽径上拍摄到的兽类物种累积曲线，置信区间为 95 %

Figure 2 Species accumulative curve of mammals detected at trails and ponds, confidence intervals at 95%

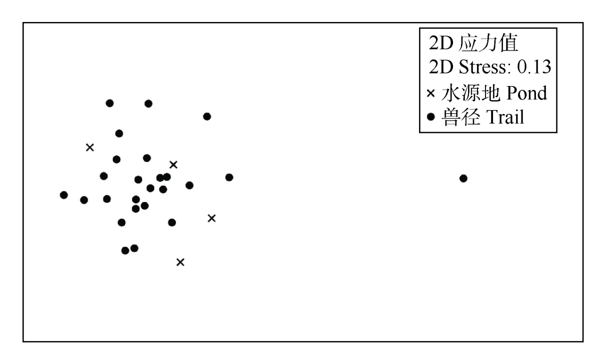


图 3 在兽径与水源地拍摄到的兽类物种相似性分析的非度量多维标度图像

Figure 3 NMDS plot of ANOSIM analysis for species detected at trails and ponds (*R*=0.184, *P*=0.112)

表 2 在通往水源地的兽径上拍摄到差异物种的相似性百分比分析

Table 2 SIMPER analysis showing species contribution to assemblage differences between trails and ponds

物种	Species	平均丰度 Average abundance		差异百份比 Contribution percentage
		兽径 Trail	水源地 Pond	
赤麂	*Muntiacus muntjak*	0.58	0.94	11.15
鼬獾	*Melogale moschata*	1.45	0.3	10.76
小泡巨鼠	*Leopoldamys edwardsi*	1.01	0.03	8.39
猕猴	*Macaca mulatta*	0.52	0.37	7.04
帚尾豪猪	*Atheurus macrourus*	0.27	0.66	6.27
食蟹獴	*Herpestes urva*	0.79	0.27	5.92
红腿长吻松鼠	*Dremomys pyrrhomerus*	0.62	0.23	5.35
黑叶猴	*Trachypithecus francoisi*	0.68	0.03	5

3 讨 论

3.1 红外线拍摄技术应用

现今，多种哺乳类均受国家保护，且基本不允许采集中、大型兽类标本。红外线拍摄技术无伤害性，可持续监测同一个体或种群的活动规律与习性 (Karanth & Nichols, 1998)，为更新的名录提供可永久保存的照片凭据。由于动物体型越大，停留在相机前面的时间越长，拍摄效果越好(Ma & Harris, 1996)，因此红外线拍摄技术适用于最难直接观察到的中、大型兽类，而对于小型啮齿类或食虫类的监测则需要取得能清晰分辨鉴定特征的照片。红外线感应相机技术可结合传统兽类调查方法，作出全面、有效的长期监测。该技术在珍稀濒危动物的调查中亦具有独特优势，成本远低于长年持续的人力监测。例如，Wilting et al (2010)利用该技术在马来西亚婆罗洲北部的沙巴州取得了毛鼻水獭 (*Lutra sumatrana*) 的照片证据，而此物种在沙巴州已>100 a 未被纪录到，在整个婆罗洲也>10 a 未被纪录到 (Sasaki et al, 2009)。即在记录密度低、数量极少的动物时，可以通过设置更多相机作长年监测，并配合调问和生境调查增加拍摄机会。但是，相机的防水功能仍有待改善，以减少数据损失和设备损坏。本调查后期 (2010 年)发展出的具夜视功能的数码红外线相机干扰性更低，数据收集量大大提高，有利于社区宣教和学术交流，应大力推广，并为护林员提供技术培训 (Wan, 2010)。

本调查利用红外线感应相机，共记录到 19 种非飞行性哺乳动物，其中黄腹鼬、熊猴、猕猴、红白鼯鼠、红腿长吻松鼠、红颊长吻松鼠、赤麂和帚

尾豪猪等并未收录在 Long (1988)采集到的 19 种非飞行性哺乳类动物中。调查时程共计 1 594 d，累积曲线显示 0～250 d 所纪录到的累积物种急剧上升，表明在 250 d 之内基本能够拍摄到数量较多、分布较广的物种，随后，曲线上升舒缓, 增加的累积物种均为一些较难拍摄到的物种。曲线末端的轻微上升趋势表示要纪录余下的物种，如：云豹、黑熊及穿山甲等，则需要较长时间的监测 (Kadoorie Farm and Botanic Garden, 2004)。2007 年 10 月，村庄群众反映有一大型猫科动物在保护区周边出没，虽然，护林员随后即到该处安装相机，但仍未能拍摄到照片证据。

3.2 地表水对兽类活动的影响

岩溶地区表土层薄，储水度低，保护区内甚少全年性溪流。动物为了适应这种生境，除从食物中获取水外，将争夺地表饮用水资源，因此，水源影响着动物的活动范围和规律。每年雨季的 5—8 月，地下河水位上升，地表水和各种植物性食物较丰富，兽类动物的活动范围较小；旱季的 10 月—来年的 4 月，地表水奇缺，植物的嫩叶和果实较少，兽类动物需要扩大家域范围、增加漫游距离以获取足够的食物和水分。此现象在弄岗的黑叶猴研究中已得到证实 (Huang et al, 2011)。与雨季相比, 保护区内的熊猴在旱季也明显增加觅食的时间 (Zhou et al, 2007)，表明食物能够为其提供稳定的水分来源，并使其不必到达地面直接饮水 (Wu et al, 2011)。然而，本研究的水源相机安装点动物活动频繁，并首次于保护区拍摄到树栖性较强的黑叶猴和红白鼯鼠，反映出当时的干旱程度较为严重,并影响到了果叶中的含水量。此外，黄腹鼬和豹猫也仅拍摄于水源点，推断这与其纯肉食性有关，而与可随季节改变增加植物性食物摄入比例的食果性强的果子狸和鼬獾不同 (Zhou et al, 2008a，b)。

本次调查仅拍摄于兽径上或水源地的物种分别为 4 种，且 OI 普遍偏低。差异物种相似性百分比分析中～55%的差异，由在两类生境均拍摄到的 7 种动物所导致，即赤麂、鼬獾、小泡巨鼠、猕猴、帚尾豪猪、食蟹獴及红腿长吻松鼠等。由于仅限于某一生境的物种密度较低，拍摄到的照片数量不多，并且部分数据因机器损坏而损失，因此于水源地及兽径上所拍摄到的物种无显著差异。今后，情况许可时，应加强调查规模和时间，勘查更多的水源点并安装红外线相机，提高拍摄到习性更隐秘或珍稀物种的可能性。此次于两种微生境共拍到 8 种不同的物种，占整体的 42%，可见岩溶地区水资源极其珍贵，保持大面积连贯的生境对兽类生存十分重要。

红外线感应相机技术成本较低，结合传统调查方法，可有效纪录一般很难直接观察到的中、大型兽类，并全面反映其多样性和分布，甚至可拍下偷猎者以作立案警示之用。基于本调查的其它中、短期建议包括：加强水源点的巡护，防止偷猎和限制周边过度农垦开发，滥抽地下水，以及减少栖息地破坏。从保护生物学的角度，在理想条件下，可考虑整合保护区目前呈岛屿状的陇呼、弄岗及陇山 3 个片区，以避免生境岛屿化加剧。保护区的圆洼谷地表土较厚、肥力较高，大部份曾经被开垦为农田，虽然随保护区建设已逐渐荒废，但经历刀耕火种，植被更新花样滞后，建议加速恢复山峰间已遭破坏的洼地原生树林，此举将对各种中、大型兽类的繁衍、恢复和扩散发挥关键作用。

致谢：感谢广西壮族自治区林业厅对本研究项目的支持; 感谢保护区兽类监测小组成员 (赵贵民、黄伟权、黄桂保、梁立新、农伟宏、苏理民、黄艳涛、农伟雄、陈伟强、梁海流、苏文亮及周崇兴等)在选择安装点、补充水源、更新电池及收集数据等方面的工作；感谢审稿人对本文初稿提出的宝贵意见及建议；感谢香港嘉道理农场暨植物园华南野生兽类调查项目基金提供的部分经费。

参考文献：

Chan BPL, Tan XF, Tan WJ. 2008. Rediscovery of the critically endangered eastern black-crested gibbon *Nomascus nasutus* (Hylobatidae) in China, with preliminary notes on population size, ecology and conservation status. *Asian Primates Journal,* **1**(1): 17-25.

Grismer LL, Viets BE, Boyle LJ. 1999. Two new continental species of *Goniurosaurus* (Squamata: Eublepharidae) with a phylogeny and evolutionary classification of the genus. *Journal of Herpetology,* **33**(3): 382-393.

Hu CG. 1988. Report on the investigation of hydrogeology from Longgang Natural Reserve. *Guihaia*, （Additamentum 1）: 17-31. [胡长庚. 1988. 弄岗自然保护区水文地质考察报告. 广西植物, （增刊 1）: 17-31.]

Hu G, Wei Y, Li ZY. 1998. The survey on the white-headed langur in Longrei and the analysis of the cause for endangerment. *Journal of Guangxi Normal University*: *Natural History,* **16**(3): 71-75. 胡刚, 韦毅, 李兆元. 1998. 广西陇瑞白头叶猴种群调查及濒危机制分析. 广西师范大学学报 (自然科学版), **16**(3): 71-75.

Huang ZH, Zhou QH, Huang CM, Meng YJ, Wei H. 2011. Home range and daily ranging distance of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Nonggang Nature Reserve, Guangxi, China. *Acta Theriologica Sinica,* **31**(1): 46-54. [黄中豪, 周岐海, 黄乘明, 蒙渊君, 韦华. 2011. 广西弄岗黑叶猴的家域和日漫游距离. 兽类学报, **31**(1): 46-54.]

Jenks KE, Wanghongsa S, Songsasen N, Leimgruber P, Howard J. 2010. Camera-trap evidence of Large-spotted Civet *Viverra megaspila* in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary and Khao Yai National Park, Thailand. *Small Carnivore Conservation,* **42**: 19-21.

Jiang AW. 2007. The Study of Understory Birds in Nonggang Karst Forest. M. D. Thesis, Guangxi University. [蒋爱伍. 2007. 弄岗喀斯特森林下层鸟类研究. 广西大学硕士论文.]

Kadoorie Farm and Botanic Garden. 2004. Report of rapid biodiversity assessments at Nonggang National Nature Reserve, Southwest Guangxi, China, May 1998. Chinese version No. 11. Hong Kong: KFBG. [嘉道理农场暨植物园. 2004. 快速生物多样性评估报告——广西西南部弄岗国家级自然保护区. 中文版第 11 号. 香港: 嘉道理农场暨植物园出版.]

Karanth KU, Nichols JD. 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology,* **79**(8): 2852-2862.

Kays RW, Slauson KM. 2008. Remote cameras. *In*: Long RA, MacKay P, Zielinski WJ, Ray JC. Noninvasive Survey Methods for Carnivores. Washington: Island Press, 110-140.

Lau MWN, Fellowes JR, Chan BPL. 2010. Carnivores (Mammalia: Carnivora) in South China: a status review with notes on the commercial trade. *Mammal Review,* **40**(4): 247-292.

Liang CF, Liang JY, Liu LF, Mo XL. 1988. A report on the exploration of the flora of Longgang Natural Reserve. *Guihaia*, （Additamentum 1）: 83-184. [梁畴芬, 梁健英, 刘兰芳, 莫新礼. 1988. 弄岗自然保护区植物区系考察报告.广西植物, （增刊 1）：83-184.]

Long GZ. 1988. Terrestrial vertebrate in the Longgang Natural Reserve. Guihaia, (Additamentum 1): 267-275. [龙国珍. 1988. 弄岗自然保护区陆栖脊椎动物调查报告. 广西植物, (增刊 1): 267-275.]

Ma SL, Harris RB. 1996. Use of remote camera systems to document wildlife species presence in forested areas of Yunnan. *Zoological Research,* **17**(4): 360-370. [马世来, 里查德·何里来. 1996. 自动感应照像系统在野生动物调查中的应用. 动物学研究, **17**(4): 360-370.]

Mittermeier RA, Gil PR, Hoffmann M, Pilgrim J, Brooks T, Mittermeier CG, Lamoreux J, da Fonseca GAB. 2005. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Ecoregions. Mexico City: CEMEX.

O'Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation,* **6**(2): 131-139.

Pei KJC, Lai YC, Corlett RT, Suen KY. 2010. The larger mammal fauna of Hong Kong: Species survival in a highly degraded landscape. *Zoological Studies,* **49**(2): 253-264.

Sasaki H, Mohd. Nor B, Kanchanasaka B. 2009. Past and present distribution of the Hairy-nosed Otter Lutra sumatrana Gray 1865. *Mammal Study,* **34**(4): 223-229.

Smith AT, Xie Y. 2008. A Guide to the Mammals of China. Oxford: Princeton University Press.

Su ZM, Zhao TL, Huang QC. 1988. The vegetation of Longgang Natural Reserve in Guangxi. *Guihaia*, (Additamentum 1): 185-214. [苏宗明, 赵天林, 黄庆昌. 1988. 弄岗自然保护区植被调查报告. 广西植物, (增刊 1)：185-214.]

Wan J. 2010. Using camera traps to engage local people in participatory biodiversity monitoring: an example from Southern China. The 2010 International Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation, 19-23 July 2010, Sanur-Denpasar, Bali, Indonesia.

Wang DZ, Ran WZ, Jin T, Pan WS. 2005. Population census of the white-headed langur (*Trachypithecus leucocephalus*) at Longrui Karst Hills, Guangxi, China. *Primates,* **46**(3): 219-222.

Wang DJ, Li S, McShea WJ, Li MF. 2006. Use of remote-trip cameras for wildlife surveys and evaluating the effectiveness of conservation activities at a nature reserve in Sichuan Province, China. *Environmental Management,* **38**(6): 942-951.

Wilting A, Samejima H, Mohamed A. 2010. Diversity of Bornean viverrids and other small carnivores in Deramakot Forest Reserve, Sabah, Malaysia. *Small Carnivore Conservation,* **42**: 10-13.

Wu Q, Huang ZH, Yuan PS, Zheng FY, Zhou QH. 2011. Water content of the food and its influence on food choice of François’ langur at Nonggang, Guangxi, China. *Journal of Guangxi Normal University (Natural Science),* **29**(4): 117-121. [吴茜, 黄中豪, 袁培松, 邓凤云, 周岐海. 2011. 广西弄岗黑叶猴食物的水分含量对食物选择的影响. 广西师范大学学报(自然科学版), **29**(4): 117-121.]

Yuan DX. 1994. Karst of China. Beijing: Geological Publishing House. [袁道先. 1994. 中国岩溶学. 北京: 地质出版社.]

Zhou F, Jiang AW. 2008. A new species of Babbler (Timaliidae: Stachyris) from the Sino-Vietnamese Border Region of China. *The Auk,* **125**(2): 420-424.

Zhou QH, Huang ZH, Wei XS, Wei FW, Huang CM. 2009. Factors influencing interannual and intersite variability in the diet of *Trachypithecus francoisi*. *International Journal of Primatology,* **30**(4): 583-599.

Zhou QH, Wei H, Huang ZH, Li YB, Lu MX, Huang CM. 2007. Activity patterns and time budgets of the Assamese macaque *Macaca assamensis* in the Longgang Nature Reserve, China. *Acta Zoologica Sinica,* **53**(5): 791-799. [周岐海, 韦华, 黄中豪, 李友邦, 陆茂新, 黄乘明. 2007. 弄岗熊猴的活动节律和活动时间分配. 动物学报, **53**(5): 791-799.]

Zhou YB, Zhang L, Kaneko Y, Newman C, Wang XM. 2008a. Frugivory and seed dispersal by a small carnivore, the Chinese ferret-badger, *Melogale moschata*, in a fragmented subtropical forest of central China. *Forest Ecology and Management,* **255**(5-6): 1595-1603.

Zhou YB, Zhang JS, Slade E, Zhang LB, Palomares F, Chen J, Wang XM, Zhang SY. 2008b. Dietary shifts in relation to fruit availability among masked palm civets (*Paguma larvata*) in central China. *Journal of Mammalogy,* **89**(2): 435-447.

Zhu H. 2007. The karst ecosystem of southern China and its biodiversity. *Tropical Forestry,* **35**(S1): 44-47. [朱华. 2007. 中国南方石灰岩(喀斯特)生态系统及生物多样性特征. 热带林业, **35** (增刊): 44-47.]